



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 0 709 065 A1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
01.05.1996 Patentblatt 1996/18

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: A61B 17/39

(21) Anmeldenummer: 95116998.6

(22) Anmeldetag: 27.10.1995

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT NL

(30) Priorität: 31.10.1994 DE 4438978

(71) Anmelder:

- Wurzer, Helmut  
D-80538 München (DE)
- Mäkel, Rainer  
D-63639 Königswinter (DE)
- Liess, Hans Dieter  
D-82541 Seeheim/Münsing (DE)

(72) Erfinder:

- Wurzer, Helmut  
D-80538 München (DE)
- Mäkel, Rainer  
D-53639 Königswinter (DE)

(74) Vertreter: Dipl.-Phys.-Dr. Mantz

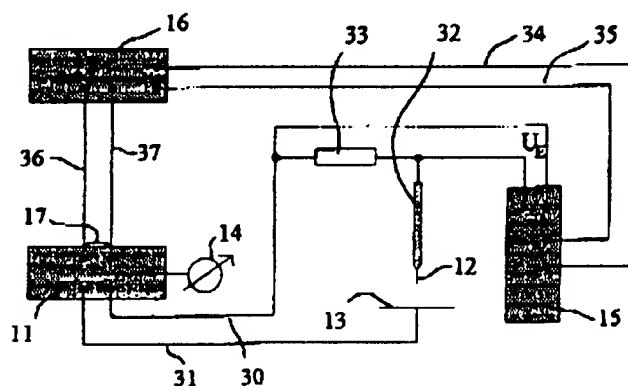
Dipl.-Ing. Finsterwald  
Dipl.-Ing. Grämkow Dipl.-Chem.-Dr. Heyn  
Dipl.-Phys. Rotermund Morgan B.Sc.(Phys.)  
Robert-Koch-Strasse 1  
D-80538 München (DE)

(54) **Elektrochirurgiegerät und Verfahren zu dessen Betrieb**

(57) Ein Elektrochirurgiegerät weist einen Hochfrequenzgenerator (11) auf, der eine veränderbare Leistungsgrundeinstellung aufweist und an den eine Schneidelektrode (12) und eine Neutralelektrode (13) angeschlossen sind. Mit den Elektroden (12, 13) ist eine Leistungsmeßvorrichtung (15) verbunden, die eine Regelstufe (16) beaufschlagt, welche an den Leistungs-

regelgang des Hochfrequenzgenerators (11) angeschlossen ist. Die Anzahl der Funkenüberschläge innerhalb einer vorbestimmten Mehrzahl von Perioden wird bestimmt, und durch Veränderung der Ausgangsleistung des Hochfrequenzgenerators (11) auf einen konstanten Wert eingeregelt, der unterhalb des Doppelten der vorbestimmten Mehrzahl liegt.

**Fig. 1**





Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHTERBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 95 11 6998

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der wesentlichen Teile	Rechtlicher Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. CL.6)
D, A	DE-A-25 04 280 (MEINKE) * das ganze Dokument *	1	A61B17/39
A	WD-A-93 03679 (FLACHENECKER) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,3 *	1	
A	DE-A-36 22 337 (FLACHENECKER) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,5 *	1	
A	DE-A-35 30 335 (ERBE) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,3-5 *	1	
			EX MARKIERTE SACHGEBIETE (Int. CL.6)
			A61B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenamt		Prüfer	
DEN HAAG		Papone, F	
9. Februar 1996			
KATEGORIE DER GENANNTE DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung als als beschrieben Y : von besonderer Bedeutung, in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung, derselben Kategorie A : technischer Hintergrund U : nichtöffentliche Offenbarung F : Fachliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorie oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist U : in der Anmeldung eingeführtes Dokument L : auf andere Weise eingeführtes Dokument G : Mitglied der gleichen Patentfamilie, überlappendes Dokument	

CFO FORM 1.01 (04/96) (P)

Fig. 3

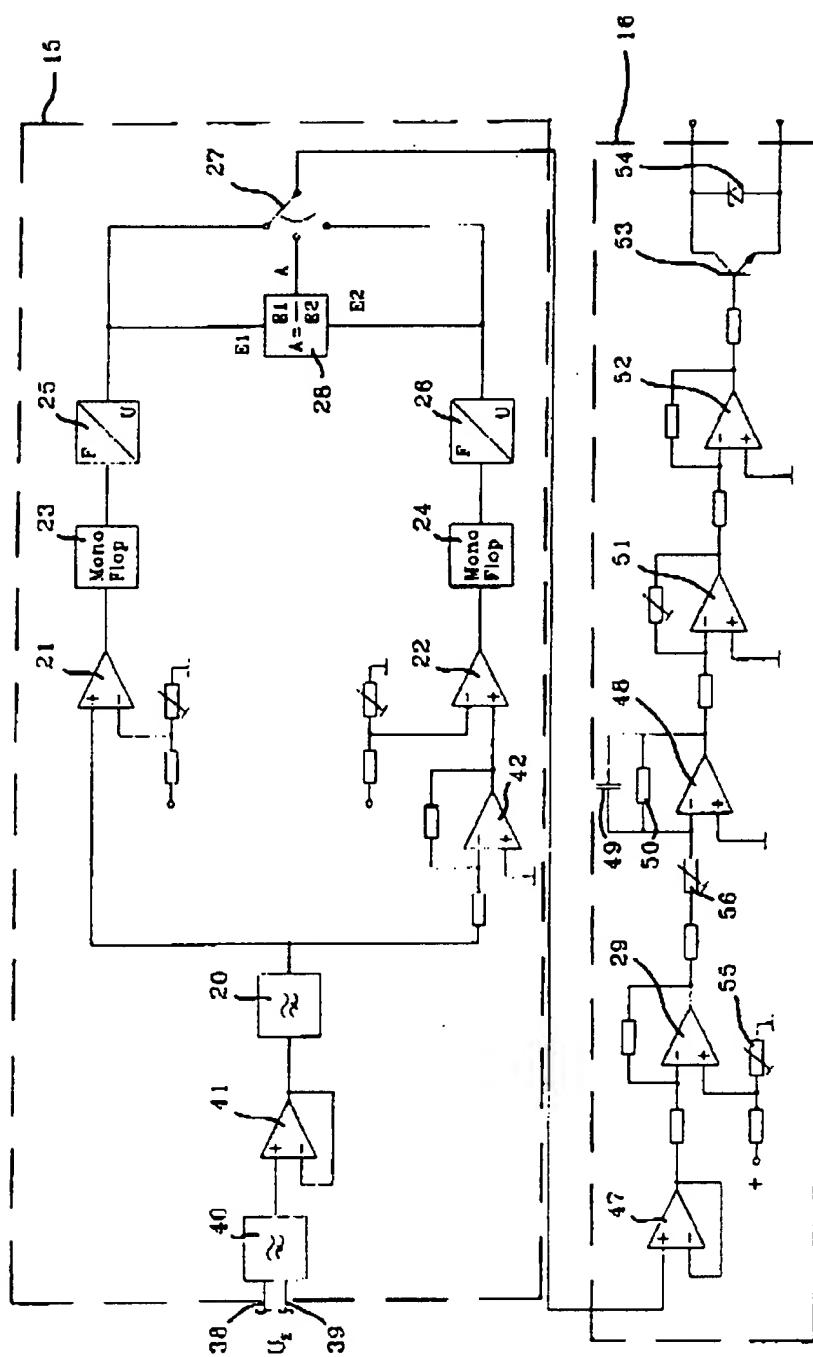


Fig. 2

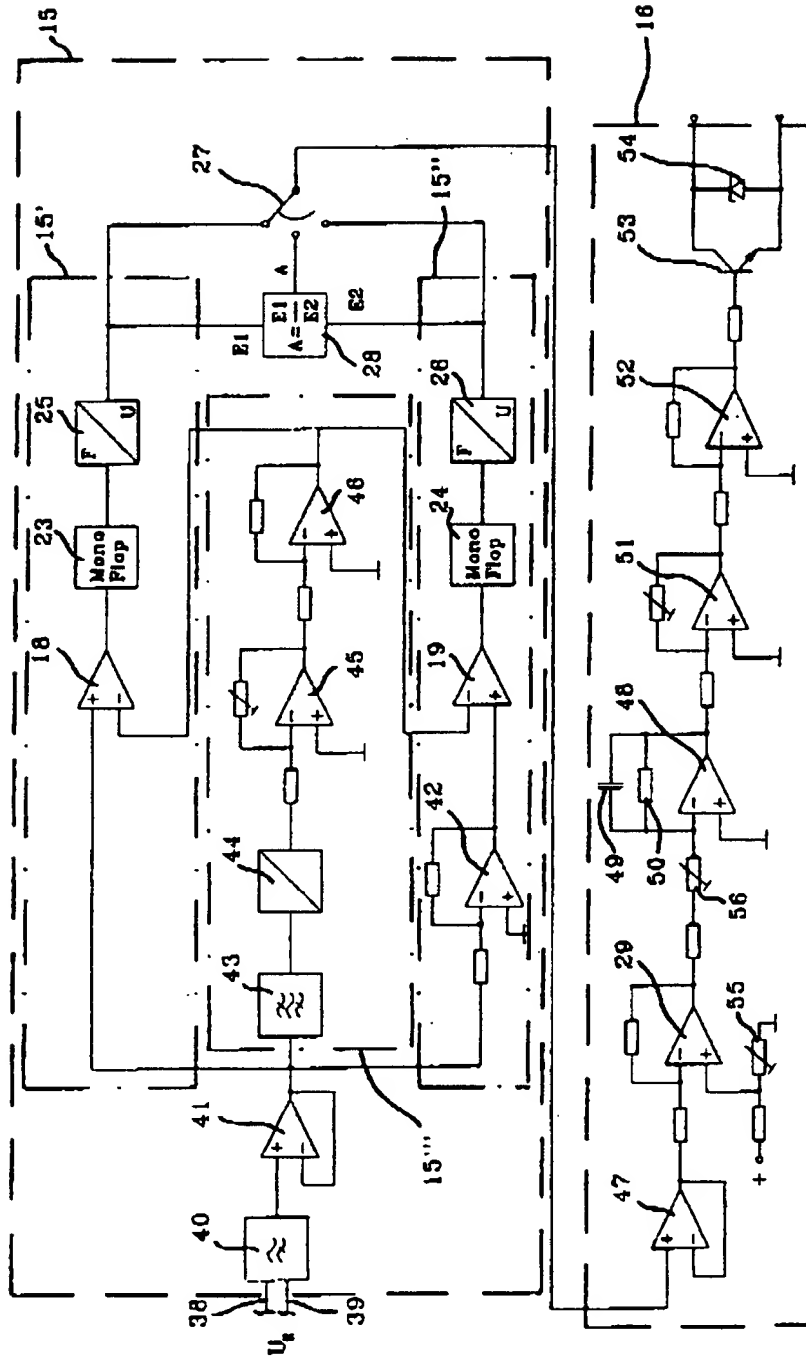
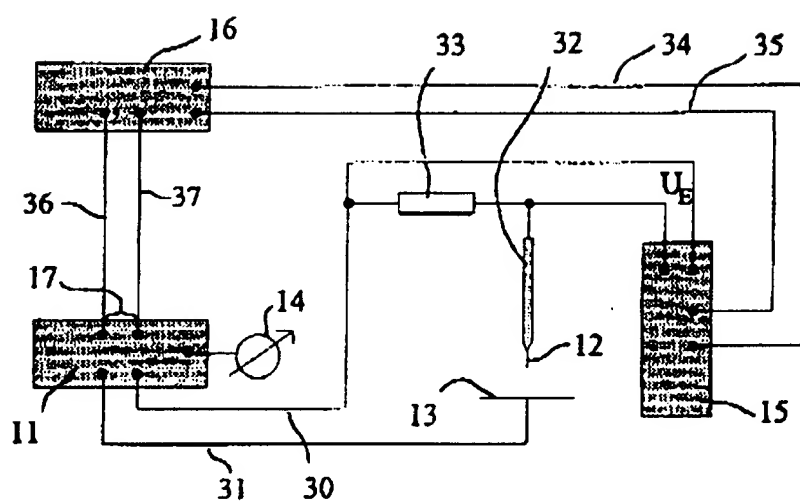


Fig. 1



- tors (11) angelegt ist, insbesondere zur Ausführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistungsmeßvorrichtung wenigstens eine Funkenzählstufe (15, 15') aufweist, die die Funkenzahl innerhalb einer vorbestimmten Mehrzahl von Perioden während der positiven oder während der negativen Halbwellen oder während aller Halbwellen bestimmt und die Regelstufe (16) mit einem für die festgestellte Funkenzahl oder eine mathematische Verknüpfung der festgestellten Funkenzahlen repräsentativen Signal beaufschlagt, und daß die Regelstufe (16) daraus ein Regelsignal erzeugt, welches die Ausgangsleistung des Hochfrequenzgenerators (11) im Sinne einer Konstanthaltung der innerhalb der vorbestimmten Mehrzahl von Perioden vorhandenen Funkenzahl auf einen Wert, der unterhalb des Doppelten der vorbestimmten Mehrzahl, vorzugsweise unterhalb der vorbestimmten Mehrzahl liegt, regelt.
5. Elektrochirurgiegerät nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Maß für das Vorliegen eines Funkens die Überschreitung bzw. Unterschreitung eines vorbestimmten Schwellenstromwertes während der Halbwelle einer Periode verwendet wird, wobei der Hochfrequenzgenerator (11) vorzugsweise eine Konstantspannungsscharakteristik aufweist, wobei insbesondere aus den den Stromschwellenwert über- bzw. unterschreitenden Meßwerten ein entsprechendes Frequenzsignal gebildet und in eine die Regelstufe (16) beaufschlagendes Spannungssignal umgewandelt wird und vorzugsweise in der Funkenzahlvorrichtung (15) wenigstens ein Komparator (18, 19) vorgesehen ist, dem das aktuelle Strommeßsignal und der über eine vorbestimmte Zahl von Perioden ermittelte Stromeffektivwert zugeführt sind, wobei der Komparator (18, 19) einen Ausgangsinput abgibt, wenn das aktuelle Strommeßsignal die vom Stromeffektivwert abgeleitete Komparatorschwelle über- bzw. unterschreitet, oder in der Funkenzahlstufe (15) ein Hochpaß (20) vorgesehen ist, der lediglich die steilere Anstiege aufweisenden Stromspitzen durchläßt, welche bei Funkenüberschlägen bestimmter Intensität auftreten, wobei bevorzugt an den Hochpaß (20) wenigstens ein Komparator (21, 22) angeschlossen ist, der eine vorzugsweise einstellbare Schwelle für die Stromspitzen darstellt.
6. Elektrochirurgiegerät nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß an den Komparator (18, 19; 21, 22) jeweils ein Monoflop (23, 24) mit einer deutlich kürzeren Schaltzeit als die halbe Periode des Hochfrequenzstromes angelegt ist, dem ein Frequenz-Spannungswandler (25, 26) folgt.
7. Elektrochirurgiegerät nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß für die positiven und negativen Halbwellen des Hochfrequenzstromes eine separate Funkenzählung erfolgt, wobei insbesondere entweder nur die während der positiven oder negativen Halbwellen auftretenden Funken gezählt werden oder eine mathematische Verknüpfung beider Funkenarten erfolgt.
8. Elektrochirurgiegerät nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß am Ausgang des Frequenz-Spannungswandlers (25, 26) ein vorzugsweise drei Stellungen aufweisender Wahlschalter (27) und/oder eine mathematische Verknüpfungsschaltung (28) vorgesehen sind.
9. Elektrochirurgiegerät nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die mathematische Verknüpfung in der Quotientenbildung des separat bei den positiven Halbwellen und bei den negativen Halbwellen erzeugten Zählsignals besteht.
10. Elektrochirurgiegerät nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelstufe (16) eine vorzugsweise einstellbare Differenzstufe (29) umfaßt, an der der konstante Wert von Funkenüberschlägen eingestellt werden kann.

17 Leistungsregelung  
 18 Komparator  
 19 Hochpaß  
 20 Hochpaß  
 21 Komparator  
 22 Komparator  
 23 Monotop  
 24 Monotop  
 25 Frequenz-Spannungswandler  
 26 Frequenz-Spannungswandler  
 27 Wahlschalter  
 28 Verknüpfungsstufe  
 29 Differenzstufe  
 30 Leitung  
 31 Leitung  
 32 Schneidinstrument  
 33 Meßwiderstand  
 34 Leitung  
 35 Leitung  
 36 Leitung  
 37 Leitung  
 38 Eingangsklemme  
 39 Eingangsklemme  
 40 Hochpaß  
 41 Spannungsfollower  
 42 Invertierungsstufe  
 43 Bandpaß  
 44 Gleichrichtungs-Effektivwertbildungsstufe  
 45 Verstärker  
 46 Invertierungsstufe  
 47 Spannungsfollower  
 48 PI-Regler  
 49 Rückkopplungskondensator  
 50 Rückkopplungswiderstand  
 51 Verstärker  
 52 Invertierungsstufe  
 53 Bipolartransistor  
 54 Zenerdiode  
 55 Regelwiderstand  
 56 Regelwiderstand

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Elektrochirurgiegerätes mit einem einen Leistungsregelung (17) aufweisenden Hochfrequenzgenerator (11), der eine vorzugsweise veränderbare (14) Leistungsgrundeinstellung aufweist und an den eine Schneidelektrode (12) sowie eine Neutralelektrode (13) angeschlossen bzw. anschließbar sind, die mit einer solchen Hochfrequenzwechselspannung und einem solchen Hochfrequenzwechselstrom beaufschlagbar sind, daß zumindest während eines Teils der Perioden des Hochfrequenz-Wechselstroms wenigstens ein Funkenüberschlag erfolgt, wobei an die Elektroden (12, 13) eine Leistungsbestimmungsvorrichtung (15) angeschlossen ist, die eine Regelstufe (16) beaufschlagt, welche an den Leistungsregelung (17) des Hochfrequenzgenera-

tors (11) angelegt ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Funkenüberschläge innerhalb einer vorbestimmten Mehrzahl von Perioden bestimmt und durch Veränderung der Ausgangsleistung des Hochfrequenzgenerators (11) auf einen konstanten Wert eingeregelt wird, der unterhalb des Doppelten der vorbestimmten Mehrzahl, vorzugsweise unterhalb der vorbestimmten Mehrzahl liegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die vorbestimmte Mehrzahl von Perioden zwischen 100, insbesondere 1000 und 10000, bevorzugt 300, insbesondere 3000 bis 8000 und vorzugsweise bei etwa 5000 liegt und/oder der eingeregelt konstante Wert 1 bis 20%, vorzugsweise 1 bis 10% und insbesondere 1 bis 2% der vorbestimmten Mehrzahl beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Maß für das Auftreten eines Funkens die Überschreitung bzw. Unterschreitung eines vorbestimmten Schwellenstromwertes verwendet wird, wobei die Hochfrequenzspannung zumindest im wesentlichen konstantgehalten werden soll und/oder daß für die Regelung nur die während der positiven Halbwellen oder die während der negativen Halbwellen oder während aller Halbwellen innerhalb der vorbestimmten Mehrzahl von Perioden festgestellten Funkenüberschläge herangezogen werden, wobei insbesondere bei Heranziehung der während aller Halbwellen innerhalb der vorbestimmten Mehrzahl von Perioden festgestellten Funkenüberschläge die Zahl der während der positiven und der negativen Halbwellen festgestellten Zahlen von Funkenüberschlägen mathematisch miteinander verknüpft werden und vorzugsweise die mathematische Verknüpfung dadurch geschieht, daß die festgestellten Anzahlen von Funkenüberschlägen während der positiven und negativen Halbwellen addiert, subtrahiert, multipliziert oder dividiert werden, und/oder daß der konstante Wert der Anzahl von Funkenüberschlägen einstellbar ist.

4. Elektrochirurgiegerät mit einem einen Leistungsregelung (17) aufweisenden Hochfrequenzgenerator (11), der eine vorzugsweise veränderbare (14) Leistungsgrundeinstellung aufweist und an den eine Schneidelektrode (12) sowie eine Neutralelektrode (13) angeschlossen bzw. anschließbar sind, die mit einer solchen Hochfrequenzwechselspannung und einem solchen Hochfrequenzwechselstrom beaufschlagbar sind, daß zumindest während eines Teils der Perioden des Hochfrequenzwechselstroms wenigstens ein Funkenüberschlag erfolgt, wobei an die Elektroden (12, 13) eine Leistungsbestimmungsvorrichtung (15) angeschlossen ist, die eine Regelstufe (16) beaufschlagt, welche an den Leistungsregelung (17) des Hochfrequenzgenera-

Ausgangsspannung des Frequenz-Spannungswandlers 25.

Bei noch höheren Leistungen bilden sich auch bei den negativen Halbwellen Funken, wodurch über den Komparator 19 das Monoflop 24 entsprechend gesetzt und am Ausgang des Frequenz-Spannungswandlers 26 eine der Zahl der festgestellten Stromspitzen bzw. Funken entsprechende Spannung ansteigt.

Nach Fig. 2 ist der Wahlschalter 27 an den Ausgang des Frequenzspannungswandlers 25 angelegt, so daß dessen Ausgangssignal, welches der in einem vorbestimmten Zeitraum festgestellten Funkenzahl proportional ist, am Eingang der Regelstufe 16 ansteigt, die daraus ein Regelsignal  $U_A$  bildet, welches die Leistung des Hochfrequenzgenerators 11 zurückregelt, wenn die während einer vorbestimmten Zahl von Perioden des Hochfrequenzstroms auftretende Zahl von Funkenüberschlägen geringfügig überschritten wird. Umgekehrt wird die Leistung des Hochfrequenzgenerators 11 hin-  
aufgeregt, wenn zu wenig Funken festgestellt werden.

Durch Umliegen des Wahlschalters 27 in die in Fig. 2 untere Position wird das Ausgangssignal des Frequenz-Spannungswandlers 26 an die Regelstufe 16 angelegt, so daß nunmehr die Zahl der innerhalb der vorbestimmten Zahl von Perioden bei den negativen Halbwellen auftretenden Funken für das an den Eingang der Regelstufe 16 angelegte Eingangssignal verantwortlich ist. Je nach dem, wie viele Funken bzw. Stromspitzen bei den negativen Halbwellen von der Funkenzählstufe 15 gezählt werden, regelt das Ausgangssignal  $U_A$  der Regelstufe 16 die Leistung des Hochfrequenzgenerators 11 zurück oder hinauf. Bei einem Konstant-Spannungshochfrequenzgenerator 11 entspricht dies einer Zurückregelung des Effektivwertes des Hochfrequenzstroms.

Beindet sich der Wahlschalter 27 nach Fig. 2 in seiner Mittelstellung, so ist für die Beaufschlagung der Regelstufe 16 das Ausgangssignal A der Verknüpfungsschaltung 28 maßgebend, welches beispielsweise den Quotienten  $E1/E2$  der beiden Ausgangssignale der Frequenz-Spannungswandler 25 bzw. 26 bildet.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 bezeichnen gleiche Bezugszahlen entsprechende Bauelemente wie in Fig. 2. Die Schaltung ist gegenüber Fig. 2 dadurch wesentlich vereinfacht, daß die Referenzwert erzeugungsstufe 15 entfällt.

Stattdessen ist an den Ausgang des Spannungsfolgers 41 ein Hochpaß 20 angeschlossen, welcher auf eine etwas höhere Frequenz als die des Hochfrequenzgenerators abgestimmt ist. Beträgt die Frequenz des Hochfrequenzgenerators 500 kHz soll der Hochpaß 20 beispielsweise auf eine Frequenz von 600 kHz abgestimmt sein.

Auf diese Weise passieren den Hochpaß 20 lediglich die wesentliche steileren Stromspitzen, die bei Vorliegen eines Funkens während einer Halbwellen auftreten. Die bei Funkenbildung vom Hochpaß 20 abgegebenen Signale sind parallel an einen Komparator 21 und - über die Invertierungsstufe 42 an einen Kompara-

tor 22 angelegt, die an ihrem Referenzeingang jeweils von einer vorzugsweise einstellbaren Referenzspannung beaufschlagt sind. Die Spannung ist frei wählbar und bestimmt den Schwellenwert, bei dessen Überschreiten durch die Amplitude Funkenüberschläge gezählt werden.

Auf diese Weise entstehen an den Ausgängen der Komparatoren 21, 22 bei übermäßiger Funkenbildung während einer positiven oder negativen Halbwellen entsprechende Signale wie beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 2, welche dann in der gleichen Weise über die Monoflops 23, 24, die Frequenz-Spannungswandler 25, 26 verarbeitet und über den Wahlschalter 27 bzw. die Verknüpfungsschaltung 28 und den Wahlschalter 27 an die Regelstufe 16 angelegt sind.

Die Bildung der Referenzspannung für die Komparatoren 18, 19 nach Fig. 2 erfolgt also dynamisch durch Auswertung des Effektivwertes des zur Schneidelektrode 12 fließenden Stromes, wobei im Verstärker 45 eine Multiplikation mit einem festen Faktor erfolgt, wodurch erst bei einer vorbestimmten Amplitude der Stromspitzen die Schwellen der Komparatoren 18 bzw. 19 überschritten werden.

Die Spannung am Ausgang der Frequenz-Spannungswandler 25, 26 ist monoton zur Zahl der Funkenüberschläge. Demgegenüber wird der Referenzwert für die Komparatoren 21, 22 nach Fig. 3 durch eine Gleichspannung vorgegeben, während der Plus-Eingang durch den Hochpaß 20 mit einer Grenzfrequenz beaufschlagt wird, die höher als die Frequenz des Hochfrequenzgenerators 11 ist.

Anstelle des Frequenz-Spannungswandlers 25 bzw. 26 kann auch ein digitaler Zähler verwendet werden, was die Realisierung der Regelung mit einem digitalen Regelkreis ermöglicht.

Die Mittenfrequenz des Bandpaßfilters 43 nach Fig. 2 entspricht der Betriebsfrequenz des Hochfrequenzgenerators. Durch eine ausreichend hohe Güte des Bandpaßfilters 43 wird sichergestellt, daß nur die Grundschwingung und keine Harmonischen übertragen werden.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 wird anstelle der Bestimmung der mittleren Stromamplitude die Grundschwingung mit Hilfe des Hochpasses 20 aus dem Eingangssignal herausgefiltert. Die Harmonischen bleiben hier alle erhalten. Dies erlaubt die Festlegung eines statischen Schwellenwertes für die Entscheidung, ob ein Überschlag vorliegt oder nicht. Dieser Schwellenwert kann einfach mit Hilfe eines Spannungsteilers aus der Betriebsspannung erzeugt werden.

#### Bezugszeichenliste

11	Hochfrequenzgenerator
12	Schneidelektrode
13	Neutralelektrode
14	Einstellknopf für Leistungsgrundeinstellung
15	Leistungsmeßvorrichtung
16	Regelstufe



sen zeitliche Länge nicht größer ist als die zeitliche Länge einer Halbwelle der Hochfrequenzspannung.

Entsprechend löst eine negative Halbwelle über die Invertierungsstufe 42 am Komparator 19 ein Ausgangssignal aus, wenn die Amplitude der Halbwelle so groß ist, daß das Signal am Plus-Eingang des Komparators 19 den am Minus-Eingang anliegenden Referenzwert übersteigt. Entsprechend wird das Monoflop 24 gesetzt, so daß es einen Rechteckimpuls (TTL-Signal) mit einer Länge kleiner als der Länge der Halbwellen der Hochfrequenzspannung abgibt.

Je nach dem, wie viele positive oder negative Halbwellen das Monoflop 23 bzw. 24 setzen, entsteht am Ausgang der Monoflops 23, 24 ein Signal von höherer oder niedrigerer Frequenz, welches in den Frequenz-Spannungswandlern 25, 26 in ein Spannungssignal umgewandelt wird. Die betreffende Ausgangsspannung liegt einerseits jeweils einem Kontakt eines Dreistellungs-Wahlschalters 27 und andererseits an jeweils einem Eingang einer Verknüpfungsstufe 28 an, deren Ausgang mit dem dritten Kontakt des Dreistellungs-Wahlschalters 27 verbunden ist. Der Mittelkontakt des Dreistellungs-Wahlschalters 27 liegt seinerseits am Eingang der Regelstufe 16 an.

In der Regelstufe 16 ist zunächst ein Spannungsfolger 47 vorgesehen, der wieder eine Rückkopplung auf die vorangehende Leistungsmeßvorrichtung 15 verhindern soll. Ihm folgt eine Differenzstufe 29, deren Plus-Eingang als Sollwert eine für die konstant zu haltende Anzahl von Funkenüberschlägen repräsentative Regelspannung zugeführt ist, die durch einen Regelwiderstand 55 veränderbar ist. An die Differenzstufe 29 ist über einen Regelwiderstand 58 ein PI-Regler 48 angeschlossen, dessen Rückkopplungskondensator 49 und Rückkopplungswiderstand 50 so gewählt sind, daß zusammen mit dem Regler 56 sich eine Zeitkonstante im Millisekunden-Bereich ergibt. Bevorzugt liegen die Regelzeiten des PI-Reglers 48 zwischen 0,5 und 10 ms.

Die Ausgangsspannung des PI-Reglers 48 wird in einem Verstärker 51 auf eine gewünschte Signalstärke verstärkt und über eine Invertierungsstufe 52 an einen Bipolartransistor 53 angelegt, der als Senke für den Regaleingang 17 des Hochfrequenzgenerators 11 dient und über die Leitungen 36, 37 nach Fig. 1 an den Regaleingang 17 des Hochfrequenzgenerators 11 angelegt wird.

Die in den Ausgangskreis des Bipolartransistors 53 gelegte Zenerdiode 54 dient dazu, den Transistor vor Überspannung zu schützen.

Die Referenzwerterzeugungsstufe 15 nach Fig. 2 definiert somit einen dynamischen Schwellenwert, der immer um einen festen Faktor größer ist als die mittlere Amplitude des Meßsignals. Dieser Schwellen- oder Referenzwert dient dazu zu entscheiden, ob ein zu zahlender Funkenüberschlag stattgefunden hat oder nicht. Ist die momentane Stromamplitude größer als der Schwellenwert und somit größer als die mit einem festen Faktor multiplizierte mittlere Stromamplitude, so liegt ein zu berücksichtigender Funkenüberschlag vor. Um dies

zu überprüfen, werden sowohl der Schwellenwert wie auch die Meßgröße den Komparatoren 18 bzw. 19 zugeführt. Ist der Meßwert größer als der Schwellenwert, so liefert der Komparator 18 bzw. 19 eine positive Ausgangsspannung. Ist der Meßwert kleiner als der Schwellenwert, so liegt am Ausgang eine negative Spannung (bzw. Massepotential) an, und es erfolgt keine Setzung der anschließenden Monoflops 23 bzw. 24.

Da die zeitliche Ausdehnung der Überschläge im Verhältnis zur Periodendauer der Hochfrequenzschwingung kurz und undefiniert ist, entstehen am Ausgang kurze positive Spannungsimpulse. Um diesen Impulsen eine definierte Form zu geben, werden sie dem Monoflop 23 bzw. 24 zugeführt, deren Ausgangsimpulsbreite (Länge des Ausgangsimpulses) geringer als die halbe Periodendauer der Grundschiwingung ist. Die so aufbereiteten Komparatorsignale werden nun den Frequenz-Spannungswandlern 25 bzw. 26 zugeführt, welche eine Umsetzung der Impulsanzahl pro Zeiteinheit in eine analoge, der Zahl der Überschläge proportionale Spannung vornehmen. Diese Spannung dient als Regelgröße zum Konstanthalten der Stärke des Lichtbogens zwischen der Schneidelektrode 12 und der Neutralelektrode 13. Wichtig ist hierbei, daß diese Spannung monoton mit der eingekoppelten Leistung ist. Erfundungsgemäß werden also weder die Amplitude noch der zeitliche Verlauf der Stromverzerrungen ausgewertet, sondern nur die Häufigkeit der Funkenüberschläge.

Diese Spannung wird im Sollwertkomparator 29 mit einem Sollwert verglichen, dem PI-Regler 48 zugeführt und schließlich in den Hochfrequenzgenerator 11 zurückgekoppelt. Ist die Zahl der Funkenüberschläge und somit der Strom bzw. die Spannung zu groß, so wird die Ausgangsleistung des Generators über die Rückkopplung reduziert. Ist die Anzahl der Funkenüberschläge zu gering, so wird die Ausgangsleistung des Hochfrequenzgenerators 11 dementsprechend erhöht.

Die Wirkungsweise der Schaltung nach Fig. 1 und 2 ist wie folgt:

Nach Einschalten des Hochfrequenzgenerators 11 wird das Schneidinstrument 32 mit der Schneidelektrode 12 dem Gewebe des Patienten genähert, der an anderer Stelle elektrisch leitend mit der Neutralelektrode 13 verbunden ist. Hierbei fließt zunächst ein Ohm'scher Strom mit Sinusform, welcher über die Leistungsmeßvorrichtung 15 und die Regelstufe 16 noch keine Leistungsbegrenzung des Hochfrequenzgenerators 11 auslöst.

Wenn mit zunehmender Leistung während einiger positiver Halbwellen Funkenüberschläge stattfinden, entstehen während dieser Halbwellen Stromspitzen, die, wenn sie dazu führen, daß das Signal am Plus-Eingang des Komparators 18 größer wird als am Referenzeingang (-), das Monoflop 23 setzen und am Ausgang des Frequenz-Spannungswandlers 25 eine entsprechende Spannung hervorrufen.

Bei je mehr Halbwellen Funkenüberschläge und damit Stromspitzen entstehen, um so höher wird die

Anzahl von Perioden auftretenden Funkenüberschlägen oder Mikrolichtbögen erfolgen.

Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind durch die Ansprüche 2, 3 gekennzeichnet, während besonders bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Elektrochirurgiegerätes durch die Ansprüche 5 bis 10 definiert sind.

Die Division nach Anspruch 7 kommt nur bei Verwendung eines monopolaren Instrumentes in Betracht.

Die Erfindung wird im folgenden beispielsweise anhand der Zeichnung beschrieben; in dieser zeigt:

Fig. 1 ein Übersichtsschaltbild eines Hochfrequenzchirurgiegerätes mit einem hinsichtlich seiner Ausgangsleistung geregelten Hochfrequenzgenerator.

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Leistungsmeßvorrichtung und Regelstufe bei einem Hochfrequenzchirurgiegerät nach Fig. 1 und

Fig. 3 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Leistungsmeßvorrichtung mit der gleichen Regelstufe, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist.

Nach Fig. 1 speist ein beispielsweise mit einer Frequenz von 500 kHz arbeitender Hochfrequenzgenerator 11 über Leitungen 30, 31, in denen zur Gleichspannungsentkopplung Kondensatoren vorgesehen sein könnten, ein hochfrequenzchirurgisches Schneidinstrument 32 mit einer Schneidelektrode 12 bzw. eine Neutralelektrode 13, die an geeigneter Stelle des Körpers eines zu behandelnden Patienten elektrisch leitend anzubringen ist.

Am Hochfrequenzgenerator 11 ist ein Einstellknopf 14 für die Auswahl einer Leistungsgrundeinstellung vorgesehen. Mittels dieses Einstellknopfes 14 kann der Chirurg eine bestimmte Stärke des durchzuführenden Schneidvorganges vorbestimmen, wobei die erfindungsgemäße Regelung so ausgebildet ist, daß sie als Maximalwert diese voreingestellte Leistung berücksichtigt, sie jedoch nach den Erfordernissen des behandelten Gewebes in der erfindungsgemäßen Weise mehr oder weniger reduziert.

In die Zuleitung 30 zur Schneidelektrode 12 ist ein Meßwiderstand 33 eingeschaltet, von dessen Enden eine Spannung  $U_E$  abgegriffen ist, die für den zur Schneidelektrode 12 fließenden Hochfrequenzstrom repräsentativ und an den Eingang einer erfindungsgemäßen Leistungsmeßvorrichtung 15 angelegt ist.

Der Ausgang der Leistungsmeßvorrichtung 15 ist über Leitungen 34, 35 an den Eingang einer Regelstufe 16 angeschlossen, die aus der festgestellten Ist-Leistung ein Regelsignal erzeugt, welches über Leitungen 36, 37 einen Leistungsregeleingang 17 des Hochfrequenzgenerators 11 so beaufschlagt, daß der Hochfre-

quenzgenerator 11 auf die Ausgangsleitungen 30, 31 die für das gerade behandelte Gewebe optimale Leistung abgibt. Der Hochfrequenzgenerator 11 soll vorzugsweise mit im wesentlichen konstanter Spannung arbeiten, während zur Leistungsanpassung der Strom geregelt wird.

Die erfindungsgemäße Ausbildung der Leistungsmeßvorrichtung 15 und der Regelstufe 16 wird im folgenden anhand der Fig. 2 und 3 im einzelnen beschrieben.

Die dem Strom durch den Meßwiderstand 33 nach Fig. 1 proportionale Spannung  $U_E$  liegt nach Fig. 2 an Eingangsklemmen 38, 39 der Leistungsmeßvorrichtung 15 an. Sie beaufschlagt einen Hochpaß 40, der bei einer Frequenz des Hochfrequenzgenerators 11 von 500 kHz beispielsweise auf eine Grenzfrequenz von 10 kHz abgestimmt ist. An den Ausgang des Hochpasses 40 ist ein Spannungsfollower 41 angeschlossen, dessen Aufgabe darin besteht, Rückwirkungen der Leistungsmeßvorrichtung 15 auf den Patientenstromkreis zu verhindern.

An den Ausgang des Spannungsfollowers 41 sind parallel zueinander zwei Funkenzählstufen 15' bzw. 15'' und eine Referenzwert erzeugungsstufe 15''' angelegt.

Die Funkenzählstufe 15' weist einen Komparator 18 auf, dessen Plus-Eingang an den Ausgang des Spannungsfollowers 41 angeschlossen ist und welcher ein Monoflop 23 beaufschlagt, an das wiederum ein Frequenz-Spannungswandler 25 angeschlossen ist.

Die Funkenzählstufe 15'' enthält eine vom Ausgang des Spannungsfollowers 41 beaufschlagte Invertierungsstufe 42, welche das Vorzeichen des Eingangssignals umkehrt. Der Ausgang der Invertierungsstufe 42 liegt am Plus-Eingang eines weiteren Komparators 19, dem ebenfalls ein Monoflop 24 folgt, an das ein Frequenz-Spannungswandler 26 angeschlossen ist.

Die Referenzwert-Erzeugungsstufe 15''' enthält einen an den Spannungsfollower 41 angeschlossen Bandpaß 43, der auf die Frequenz des Hochfrequenzgenerators von 500 kHz abgestimmt ist und dem eine Gleichrichtungs-Effektivwertbildungsstufe 44 folgt, an die wiederum ein Verstärker 45 angeschlossen ist. Der Ausgang des Verstärkers 45 ist an eine Invertierungsstufe 46 angelegt, an deren Ausgang ein Referenzsignal anliegt, welches dem über mehrere Perioden der Hochfrequenzspannung gemittelten Effektivwert der Hochfrequenzspannung multipliziert mit einem vorbestimmten Faktor entspricht.

Dieses Referenzsignal ist an die Minus-Eingänge der Komparatoren 18 bzw. 19 angelegt.

Aufgrund der beschriebenen Schaltung wertet die Referenzwert erzeugungsstufe 15' die positiven, die Referenzwert erzeugungsstufe 15'' die negativen Halbwellen der Hochfrequenzspannung aus.

Wenn eine positive Halbwelle des Hochfrequenzstroms am Plus-Eingang des Komparators 18 ein größeres Signal als den am Minus-Eingang anliegenden Referenzwert erzeugt, gibt der Komparator 18 an das Monoflop 23 einen Impuls ab, welcher dieses veranlaßt, einen Rechteckimpuls (TTL-Signal) zu erzeugen, des-

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Elektrochirurgiegerätes nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Elektrochirurgiegerät nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 4.

Die Erfindung ist sowohl bei monopolaren als auch bei bipolaren Instrumenten anwendbar.

Mit Hochfrequenzstrom arbeitende Elektrochirurgiegeräte zum Schneiden und/oder Koagulieren menschlichen Gewebes mit Hochfrequenzstrom sind in zahlreichen Ausführungen bekannt. Die vorliegende Erfindung befaßt sich mit solchen Elektrochirurgiegeräten, die entweder nur zur Ausführung eines Hochfrequenzstrom-Schneidvorganges ausgelegt sind oder wahlweise auf die Betriebsart "Schneiden" oder "Koagulieren" umgeschaltet werden können.

Bei der Betriebsart "Schneiden" wird zwischen der Schneidelektrode und dem an geeigneter Stelle mit der Neutralelektrode elektrisch leitend verbundenen Gewebe ein Lichtbogen erzeugt, welcher aus einer in der Frequenz der verwendeten Hochfrequenzspannung entsprechenden Anzahl von Funkenüberschlägen besteht. Bei hoher Leistungsabgabe des Hochfrequenzgenerators findet bei jeder positiven und negativen Halbwelle des Hochfrequenzstromes ein Funkenüberschlag statt. Die Frequenz von Hochfrequenzchirurgiegeräten liegt allgemein in der Größenordnung von 500 kHz. Frequenzen unterhalb von 100 kHz sollten nicht verwendet werden. Ein vernünftiger Frequenzbereich erstreckt sich von ungefähr 300 kHz bis 2 MHz.

Es ist bereits bekannt geworden (DE-OS 25 04 280), die Stärke des Hochfrequenzstromes durch einen automatischen und hinreichend schnellen Regelvorgang so einzustellen, daß jederzeit gerade eine solche Leistung dem Gewebe zugeführt wird, daß einerseits eine für den Schneidvorgang geeignete Erwärmung des Gewebes sichergestellt und andererseits aber das Auftreten von Lichtbögen schädlichen Ausmaßen verhindert wird. Geregelt wird im allgemeinen die Stromstärke, während die vom Hochfrequenzgenerator abgegebene Spannung zumindest innerhalb der beim Betrieb auftretenden Leistungsbereiche im wesentlichen konstantgehalten wird.

Es ist schon versucht worden, die beim Hochfrequenzschneiden auftretende Gleichspannungskomponente oder die durch Verzerrung des Stromverlaufs auftretenden Harmonischen für die Regelung der Leistung des Hochfrequenzgenerators heranzuziehen. Abgesehen von dem relativ hohen technischen Aufwand für die Messung der Harmonischen hat sich bei dieser Meßmethode der Lichtbogen im allgemeinen schon zu stark entwickelt, bevor durch die Messung der Harmonischen eine Gegensteuerung erfolgen kann. Auch die Bestimmung der Zeitdauer der Strompause zwischen zwei Halbwellen kann hier keine Abhilfe schaffen, da diese Strompausen erst bei hohen Leistungen auftreten und der Lichtbogen dann auch schon so stark entwickelt ist, daß das Gewebe geschädigt wird.

Zu ausgeprägte Lichtbögen und damit zu starke, dem Gewebe zugeführte Leistungen führen zu einer Verkohlung des geschnittenen Gewebes, was wiederum den Heilungsprozeß erschwert und verlängert.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Elektrochirurgiegerät und ein Verfahren zu dessen Betrieb zu schaffen, mit deren Hilfe die Intensität des Lichtbogens bzw. der Funkenüberschläge automatisch auf einen solchen Wert reduziert wird, daß einerseits ein problemloser und insbesondere verkohlungsfreier Schneidvorgang mittels der Schneidelektrode erzielt wird, gleichwohl aber jedwede über das eigentliche Schneiderfordernis hinausgehende Überhitzung und damit Verkohlung des Gewebes vermieden wird. Insbesondere sollen das erfindungsgemäße Elektrochirurgiegerät und Verfahren eine automatische und schnelle Anpassung der vom Hochfrequenzgenerator abgegebenen Leistung bewirken, wenn beim Schneidvorgang verschiedene Gewebearten (z.B. Muskelfleisch oder Fett) erfaßt werden, die unterschiedliche Leistungsanforderungen haben.

Zur Lösung dieser Aufgabe sind die Merkmale der kennzeichnenden Teile der Ansprüche 1 und 4 vorgesehen.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß im Falle geringer Leistungen bei einer ersten Berührung zwischen der Schneidelektrode und dem menschlichen oder tierischen Gewebe zunächst nur ein Ohm'scher oder kapazitiver Kontakt zwischen Elektrode und Gewebe vorliegt, wo noch keine Abweichungen von der Sinusform auftreten, und daß bei zunehmender Leistung zunächst nur Überschläge bei einer Sorte von Halbwellen jeder Periode, vorzugsweise der positiven Halbwellen auftreten. Dies resultiert aus den unterschiedlichen Bedingungen, wie Feldverlauf, Temperatur, Austrittsarbeit an der Schneidelektrode und am Gewebe. Im Zeitverlauf des Hochfrequenzstroms sind die Überschläge als kurzzeitige Erhöhungen bzw. Spitzen zu erkennen. Gleichzeitig kann sich die Spannung an der Funkenstrecke entsprechend verringern, wenn keine Konstantspannungscharakteristik verwendet wird. In der jeweils anderen, vorzugsweise der negativen Halbwelle einer Periode treten zunächst bei relativ geringer Leistungszuführung noch keine wesentlichen Abweichungen von der vorgegebenen Sinusform auf. Erst mit weiter zunehmender Leistungszufuhr kommen auch bei den anderen, vorzugsweise negativen Halbwellen zunächst einzelne und dann immer mehr Funkenüberschläge vor.

Das bevorstehende Auftreten eines schädlichen Ausmaßes annehmenden Lichtbogens kann also auch schon bei relativ geringer Ausgangsleistung des Hochfrequenzgenerators dadurch festgestellt werden, daß einzelne Überschläge innerhalb der positiven Halbwelle ermittelt werden. Die Anzahl dieser auch als Mikrolichtbögen zu bezeichnenden Funkenüberschläge läßt sich mit einer hohen Dynamik sehr schnell bestimmen. Die Bestimmung der Stärke des Lichtbogens kann somit durch eine Zählung der während einer vorbestimmten